

FS8003IA40D70C100 产品说明书

I 型三电平三相半桥模组，额定交流电压 380V，额定输出电流 100A

概述

FS8003IA40D70C100 是基于英飞凌 I 型三电平模块 F3L100R07W2E3_B11 两并联的三相半桥模组产品，采用 Firstack 新一代数字驱动技术，集成温度采样，直流电压采样等功能，采用 PCB 板级设计工艺，接口简单易用。



目录

产品选型.....	3
1. 模组参数.....	4
1.1 模组介绍.....	4
1.2 模组参数.....	5
2. 技术数据.....	6
2.1 电气拓扑.....	6
2.2 集成功能.....	7
2.3 驱动核介绍.....	8
2.4 驱动底板介绍.....	9
2.5 IGBT 安全开关状态.....	10
2.6 死区时间.....	10
2.7 温度与信号频率关系计算.....	11
3. 对外接口及尺寸.....	13
3.1 主功率端子.....	13
3.2 风机供电及电压采样端子.....	14
3.3 控制端子.....	16
4. 安装启动.....	19
4.1 连接模组.....	19
4.2 最小连接.....	20
附录：安全标识.....	21
附录：版本变更记录.....	22

产品选型

FS800 系列三电平模组是 Firstack 针对低压中小功率电力电子产品开发的，适用于 380V 的交流系统，单模组功率范围 30~100kW。采用英飞凌，赛米控等模块厂家成熟的 I/T 型三电平模块，基于完善的 I/T 型三电平驱动保护设计、热设计、以及 PCB 板级设计生产工艺，产品具有可靠性高，体积小，安装维护方便，性价比高等优点，可广泛应用于 APF/SVG，充电桩，变频器，变频电源，储能电源，交流/直流功率电源等系列电力电子产品。

FS800 系列产品型号如下表：

模组型号	三电平拓扑	系统电压 (V)	直流电压 (V)	额定功率 (kW)	输出电 流 (A)	模组尺寸 L*W*H (mm ³)
FS8003TA40D70C50	T 型	380	700	33	50	340*260*176
FS8003TA40D70C75	T 型	380	700	49	75	340*260*176
FS8003TA40D70C100	T 型	380	700	66	100	340*260*176
FS8003TA40D70C125	T 型	380	700	82	125	340*260*176
FS8003IA40D70C50	I 型	380	700	33	50	430*250*183
FS8003IA40D70C75	I 型	380	700	49	75	430*250*183
FS8003IA40D70C100	I 型	380	700	66	100	430*250*183
FS8003IA40D70C150	I 型	380	700	99	150	430*250*183

本文描述了 Firstack 的一款 I 型三电平三相半桥变流器模组产品 - FS8003IA40D70C100，模组采用 Infineon 的 3L NPC(Neutral Point Clamped) EasyPACK 模块，该模块带有 Pressfit 压接管脚和温度检测 NTC。本文解释了变流器模组的主要功能和关键技术参数，并帮助客户如何使用该模组。

1. 模组参数

1.1 模组介绍

模组主要采用两个 Infineon 的 I 型三电平模块并联方式，最大交流输出电流可以达到 130A，最大额定母线电压为 800V。客户只需要提供主功率端子连接，风机供电，以及 PWM 控制信号就能让模组工作起来。我们还根据 Infineon 3L NPC 模块的特点，专门为模组设计了一些保护功能，如数字有源钳位，短路保护，错误时序保护等，能为模块在出现短路等一些极端情况下提供可靠保护，使之安全关断，减少不必要的损失。



图 1：变流器模组 FS8003IA40D70C100

1.2 模组参数

模组参数如表 1 所示：

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units
DC-link voltage	V_{DC}		700	800	V
AC voltage(line to line)	V_{AC}		380	440	V
Power	P		66	85	kW
AC current	I_{AC}		100	130	A
Switching frequency	f_{SW}		15	20	kHz
Ambient temperature	T_a	-20	40	55	°C
Heatsink temperature	T_s	-20	80	85	°C
DC-link capacitance	C_{dc}		7000		uF
Discharge resistance	R_s		100		kΩ
Installation altitude	H		2000	3000	m
IP(International Protection)	IP20				
Volume	430*250*183 mm ³				

表 1：模组参数表

注释：

- 1) 额定电流/功率是在母线电压为 700V 时实测得到，母线>700V 时需降额使用。
- 2) 额定电流/功率是开关频率 15kHz 时实测得到，运行开关频率>15kHz 时需降额使用，同时降低开关频率可以提高模组的输出电流能力。
- 3) 额定电流/功率是在环境 40°C 下实测得到，环境温度>40°C 时需降额使用。
- 4) 额定电流/功率是在 IP20 防护等级下实测得到，提高防护等级，使用需降额使用。
- 5) 额定电流/功率是在 2000m 的海拔下实测得到，高海拔时使用需降额使用。
- 6) 上述具体降额使用情况，我司可根据客户需求，提供相关技术支持。

2.技术数据

2.1 电气拓扑

如图 2 所示, 模组为 I 型三电平三相半桥拓扑, 主要电气部分包含直流侧母线电压、电解电容、放电电阻、电压采样电阻、对外接口、三相桥臂、驱动控制电路、电源电路以及温度检测电路。

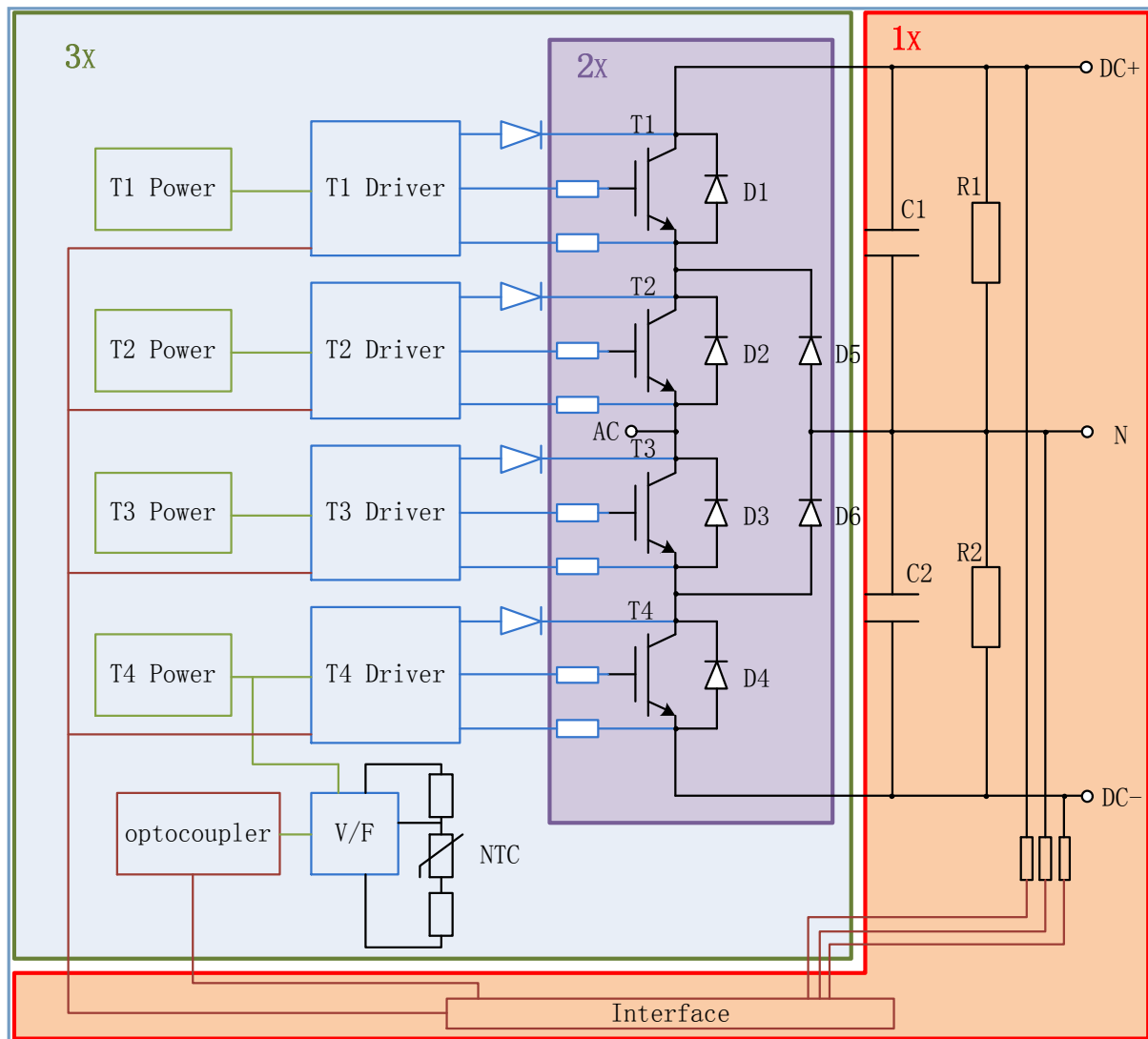


图 2：主要电气拓扑

红色部分为模组的直流侧部分, 包含 28 个电解电容、4 个放电电阻、6 个电压采样电阻以及 6 个吸收电容。紫色部分为一路桥臂, 由两个 3L NPC 模块并联构成。绿色部

分为三相桥臂、驱动控制电路以及三路 NTC 压频转换电路，压频转换电路与 T4 管共用一个电源，频率信号通过光耦隔离输出。

2.2 集成功能

整个模组集成了一些有用的功能以确保其能安全高效地运行并反馈一些有用的信息给客户。

温度检测

模组为每路桥臂提供一路温度检测，以供客户实时监测模块芯片的运行温度，确保模块的正常运行。利用 Infineon 模块自身提供的 NTC，通过电阻分压得到精确的电压值，然后通过压频转换芯片，得到相对应的频率信号，客户可以在控制端实时采集该频率值就可以准确地监测模块芯片的运行温度。温度 $-25^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ 对应的频率范围为 $527\text{Hz}\sim 9160\text{Hz}$ ，我们也可以根据客户需求适当调整频率范围。

短路保护

模组的驱动控制电路通过检测 IGBT 开通时的集电极电压 V_{CE} 来判断 IGBT 是否处于短路状态。当 IGBT 开通时， V_{CE} 电压超过参考值，驱动控制电路就判断 IGBT 处于短路状态，控制 IGBT 进入软关断状态，同时将故障信号返回给上位机。

高级有源钳位

IGBT 关断时，主回路的杂散电感中所存储的能量需要释放，会造成 V_{CE} 电压尖峰过高，有可能会损坏 IGBT，高级有源钳位通过控制门极电压将这些高而窄的尖峰变为矮而宽的脉冲，从而将 V_{CE} 电压钳位在 IGBT 额定 V_{CE} 以下。

时序保护

针对 I 型三电平拓扑的特性，我们特别增加了时序保护功能。当 IGBT 发生短路故障时，驱动控制电路总是先关断外管，而后再关断内管，同时封锁脉冲 90ms ，避免了

内管有过压风险。即使在客户错误的脉冲时序情况下，也确保可靠关断。

软关断

为了解决短路时巨大的关断电压尖峰，驱动控制电路引入了软关断技术。在 IGBT 发生短路时，在保证短路时间不超过 10 μ s 的前提下，通过缓慢的降低门级电压 V_{GE} ，既保证了 IGBT 芯片不会因为过温烧毁，也有效降低了 di/dt ，避免了关断时的电压尖峰，保证了 IGBT 的安全。

欠压保护

驱动控制电路具有原边侧欠压保护功能，当原边侧电压低于 13V($\pm 5\%$)时，驱动电路将自动封锁 IGBT 直到原边电压恢复正常值。

2.3 驱动核介绍

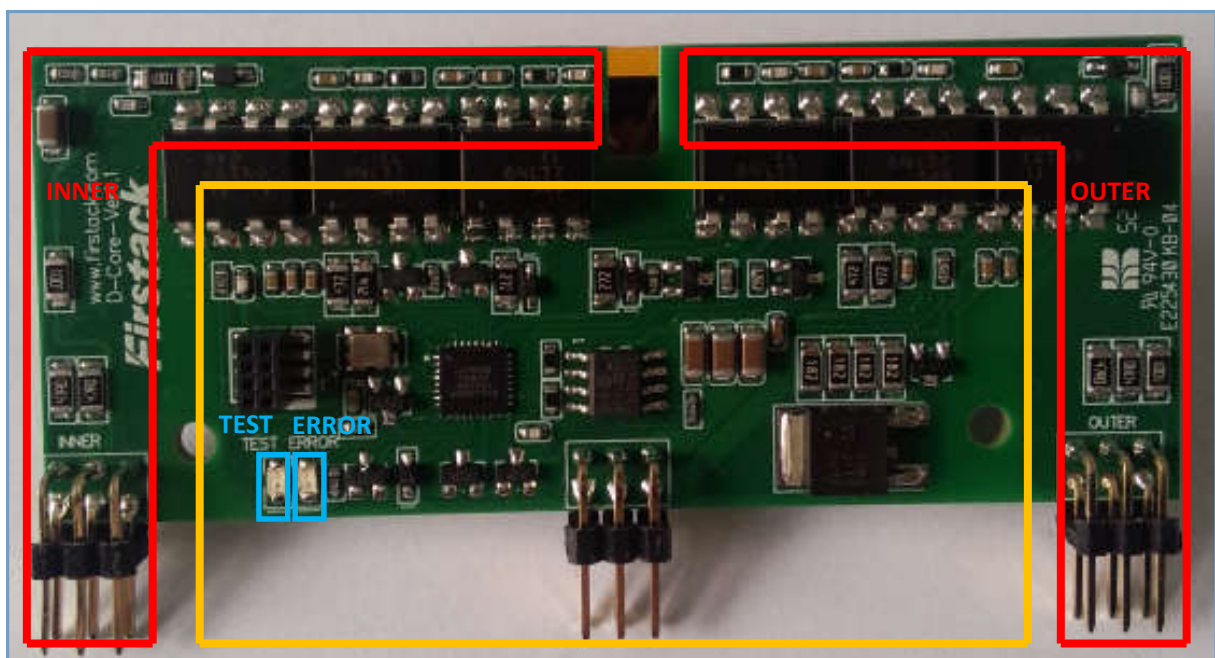


图 3：驱动核

图 3 主要显示了驱动核分为两个部分，黄色区域表示原边低压侧，主要有驱动信号以及故障信号处理电路；红色区域表示副边高压侧，主要有驱动信号的放大以及故障检测电路。一个驱动核有两路驱动信号，分别为内管驱动信号和外管驱动信号，当检测到

故障时，驱动核对两路驱动信号做强制关断时序处理。

驱动核引脚留有可用来与上位机通信接口，这样上位机可以清楚地了解各个驱动核的工作状态，且可区分故障为欠压故障或是短路故障等。现有模组未加此功能，可以根据客户需求，扩展此功能。

指示灯说明：

TEST: 电源指示灯；上电指示灯亮，绿色

ERROR: 故障指示灯；当发生故障时，指示灯亮，红色

2.4 驱动底板介绍

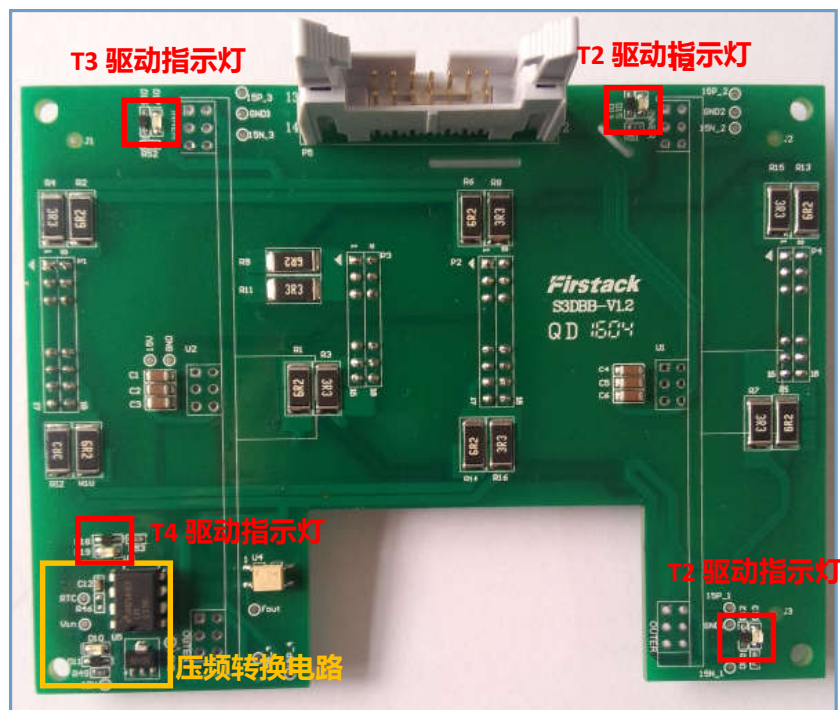


图 4：驱动底板

图 4 给出了驱动信号与 IGBT 的对应关系以及压频转换电路部分。驱动底板主要有驱动指示电路、开通关断电阻、Re 电阻以及压频转换电路。一块驱动底板对应一相桥臂，每相桥臂有四路驱动信号，每路驱动信号可以拖两个并联 IGBT，一块驱动底板最多可拖八个 IGBT。

指示灯说明：

驱动指示灯：发脉冲则亮，亮度与脉冲频率和脉宽相关，驱动底板上对应 D13 (T1)、D15 (T2)、D17 (T3)、D19 (T4)，绿色

电源指示灯：用于压频电路电源指示，上电指示灯亮，驱动底板上对应 D10，绿色

2.5 IGBT 安全开关状态

3L NPC 拓扑中 4 个 IGBT 各自有开和关两种状态，所以一个桥臂就有 16 种状态，但是只有一部分状态是可接受的，其他状态对整个模组是有损坏风险的，具体见表 2。

T1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
T2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
T3	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1
T4	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
State	allowed						potentially destructive					destructive				

表 2：I 型三电平开关状态

表 2 主要显示了 I 型三电平可能的开关状态，绿色区域的开关状态是正常的开关状态，此时的开关状态是可接受的；黄色以及红色区域的开关状态是异常的状态，此时的 IGBT 有过压甚至是短路风险。所以上位机需要确保每个桥臂的开关状态在绿色区域，保证外管先于内管关断，模组才能安全运行。

2.6 死区时间

死区时间是 PWM 输出时，为了使 IGBT 不会因为开关速度问题发生同时导通而设置的一个保护时段，通常也指 PWM 响应时间。

由于 IGBT 等功率器件都存在一定的结电容，所以会造成器件导通关断的延迟现象。一般在设计电路时已尽量降低该影响，比如尽量提高控制驱动电压电流，设置结电容释放回路等。为了使 IGBT 工作可靠，避免关断延时效应造成的直通短路现象，有必要设置死区时间。

死区时间大，模块工作更加可靠，但会带来输出波形的失真以及降低输出效率；死区时间小，输出波形要好一些，但又会降低可靠性。死区时间一般为 us 级，且是不可改变的，只取决于功率元件的制作工艺。

死区时间估算： $t_{dead} = [(t_{doff-max} - t_{don-min}) + (t_{pdd-max} - t_{pdd-min})] * 1.5$

- ✓ t_{dead} : 死区时间
- ✓ $t_{doff-max}$: 最大的关断延时时间
- ✓ $t_{don-min}$: 最小的开通延时时间
- ✓ $t_{pdd-max}$: 最大的驱动信号传递延时时间
- ✓ $t_{pdd-min}$: 最小的驱动信号传递延时时间
- ✓ 1.5 : 为安全裕量

通过测试，该模组的最小死区时间建议为 2us。

2.7 温度与信号频率关系计算

为了 IGBT 的安全可靠运行，我们利用 Infineon 自带的 NTC 转换成频率信号，客户可以检测该频率信号的频率值准确知道 IGBT 芯片的运行温度，从而进行有效的保护。

负温度系数热敏电阻 / NTC-Thermistor 特征值 / Characteristic Values			min.	typ.	max.	
额定电阻值 Rated resistance	$T_C = 25^\circ C$	R_{25}		5,00		kΩ
R100 偏差 Deviation of R100	$T_C = 100^\circ C, R_{100} = 493 \Omega$	$\Delta R/R$	-5		5	%
耗散功率 Power dissipation	$T_C = 25^\circ C$	P_{25}			20,0	mW
B-值 B-value	$R_2 = R_{25} \exp [B_{25/50}(1/T_2 - 1/(298,15 K))]$	$B_{25/50}$		3375		K
B-值 B-value	$R_2 = R_{25} \exp [B_{25/80}(1/T_2 - 1/(298,15 K))]$	$B_{25/80}$		3411		K
B-值 B-value	$R_2 = R_{25} \exp [B_{25/100}(1/T_2 - 1/(298,15 K))]$	$B_{25/100}$		3433		K

图 5：NTC 数据图

如图 5 所示，我们根据 Infineon 所给的温度与 NTC 阻值关系公式可得到各个温度的 NTC 阻值。

$$R_T = R_{25} \exp \{ B_{25/100} * [1/(T+273.15) - 1/298.15] \}$$

其中 T 为环境的温度。B_{25/100}=3433K，R₂₅=5kΩ

然后将 NTC 阻值转换成对应的电压信号并通过压频转换芯片转换成所需的频率信号，并通过光耦隔离输出。电压电阻的对应关系公式：

$$U_T = V_S * (R_T + R_{47}) / (R_T + R_{47} + R_{38})$$

其中 V_S 为压频电路供电电压 12V，R₄₇、R₃₈ 为分压电阻 R₄₇=1kΩ，R₃₈=33kΩ。

压频转换电路电压频率的对应关系公式如下：

$$f_{out} = U_T * (R_{43} + R_{44} + R_{45}) / 2.09 * R_{40} * R_{46} * C_{12}$$

其中 R₄₃=50Ω，R₄₄=2.7 kΩ，R₄₅=15 kΩ，R₄₀=100 kΩ，R₄₆=6.8 kΩ，C₁₂=10nF

所以最终其温度与频率对应关系公式如下，单位 (Hz)：

$$f_{out} = 14987.3 - 494580.9 / \{5 * \exp[11.51 * (25 - T) / (T + 273.15)] + 34\}$$

其温度与频率对应关系曲线如图 6 所示：

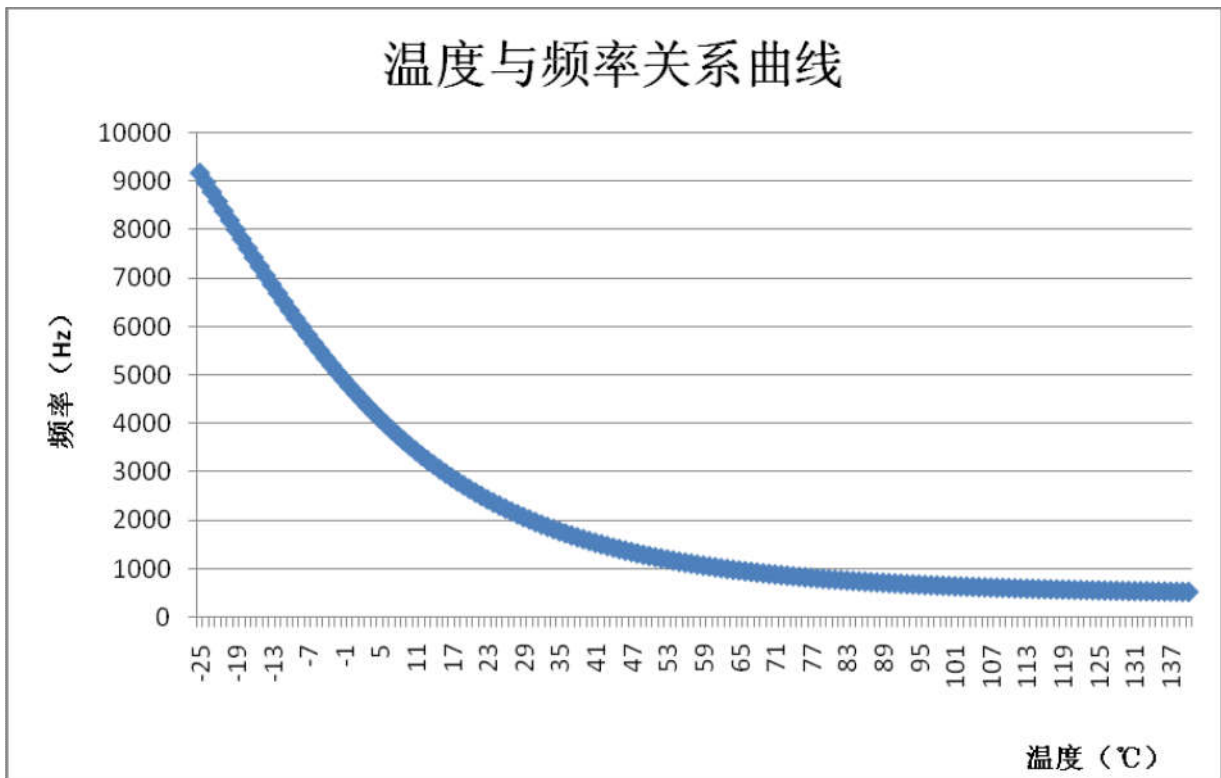


图 6：温度与频率关系曲线

3.对外接口及尺寸

3.1 主功率端子

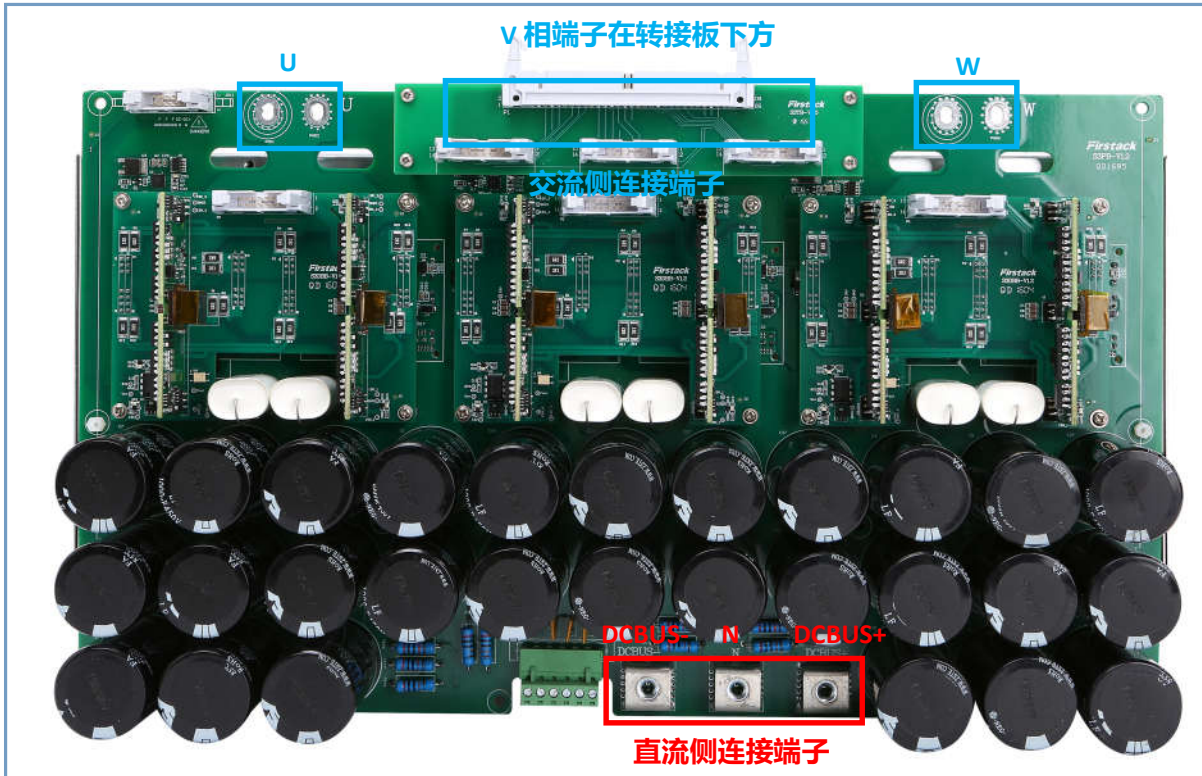


图 7：主功率端子位置

图 7 主要显示了模组对外的主功率端子 ,直流侧连接端子(DCBUS+ ,N ,DCBUS-), 交流侧连接端子 (U , V , W), 安装螺丝型号见表 3

大类	端子标识	螺丝型号	扭矩大小
直流侧端子	DCBUS+、 N、 DCBUS-	M6	3.7Nm
交流侧端子	U、 V、 W	M4	1.2Nm

表 3：安装螺丝型号

为防止因用力过度导致螺丝拧断或者因力度过小导致螺丝松掉 ,建议客户安装螺丝时采用表中推荐扭矩值 , 安装的螺丝需有弹垫与平垫。

3.2 风机供电及电压采样端子

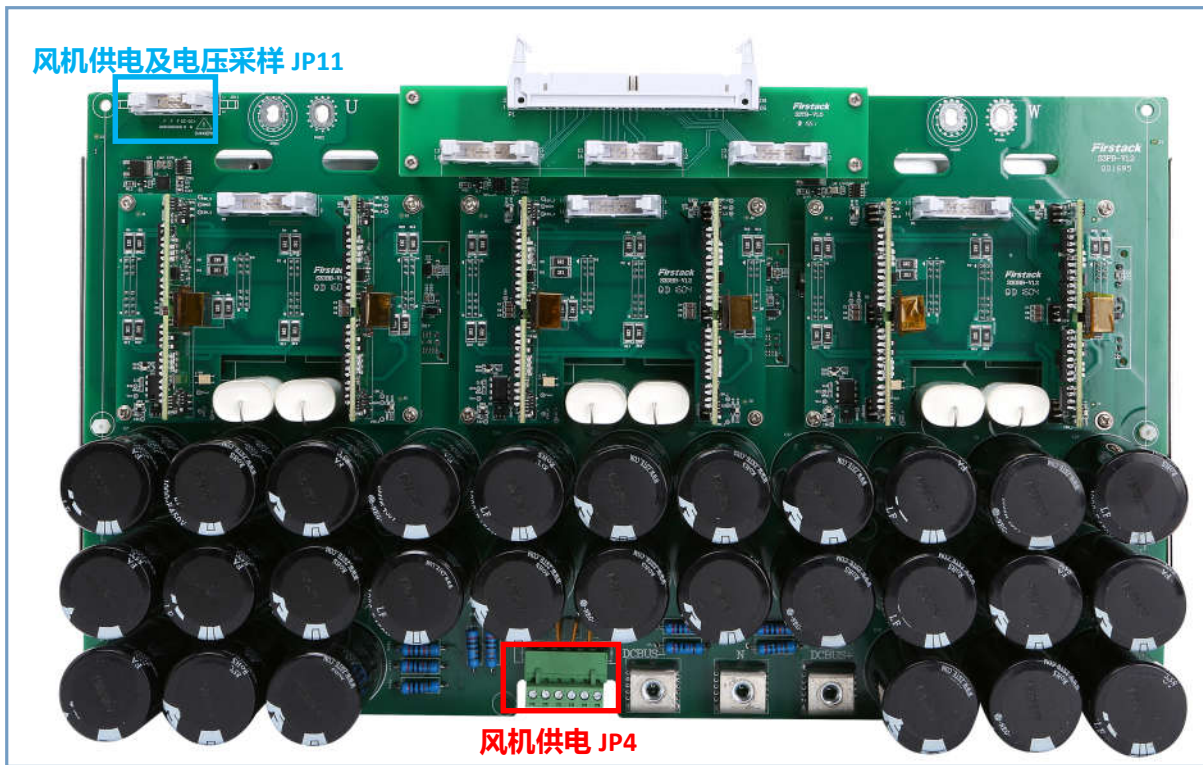


图 8：风机供电及电压采样端子位置

引脚	信号名称	功能	备注
1	DC+	电压采样	差分采样电阻 400kΩ
2	N	电压采样	差分采样电阻 400kΩ
3	DC-	电压采样	差分采样电阻 400kΩ
4	N	电压采样	差分采样电阻 400kΩ
5	FAN	风机供电	V=24VDC, I _{max} =3A
6	GND	Ground	0V
7	FAN	风机供电	V=24VDC, I _{max} =3A
8	GND	Ground	0V
9	FAN	风机供电	V=24VDC, I _{max} =3A
10	GND	Ground	0V

表 4：风机供电及电压采样端子引脚定义

风机供电及电压采样端子 JP11 为 Nextron 的 5X2pin 牛角座，引脚间距 2.54mm。Pin1~pin4 为电压采样引脚，接至控制板可采样直流侧电压，用于系统的稳定控制；Pin5~pin10 为风机供电输入端，客户需从外部接入 24V 直流电用于风机供电用，牛角座示意图见图 9。

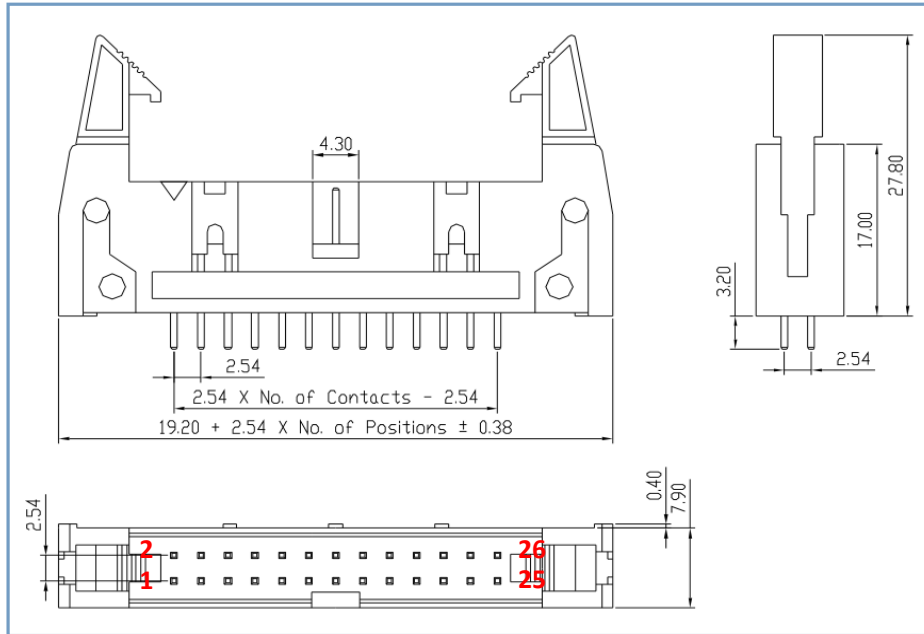


图 9：牛角座示意图

风机供电输出端 JP4 为 1*6pin 菲尼克斯端子，型号为 MSTBA 2, 5/6-G-5.08，引脚间距 5.08mm，端子定义见表 5，端子尺寸示意图见图 10。

引脚	信号名称	功能	备注
1	FAN	风机供电	V=24VDC, I _{max} =1.5A
2	GND	Ground	0V
3	FAN	风机供电	V=24VDC, I _{max} =1.5A
4	GND	Ground	0V
5	FAN	风机供电	V=24VDC, I _{max} =1.5A
6	GND	Ground	0V

表 5：风机供电输出端子引脚定义

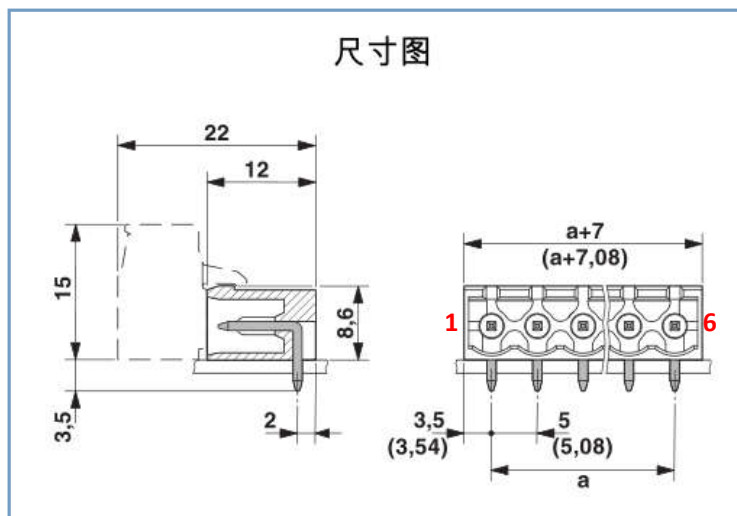


图 10：菲尼克斯端子尺寸示意图

模组散热方式采用强迫风冷，采用 5 个 CROWN 直流轴流风机，型号 AGB08038B24H，采用 24V 直流供电，单个功率为 18W，额定电流 0.75A，风机总共消耗功率：90W。

3.3 控制端子

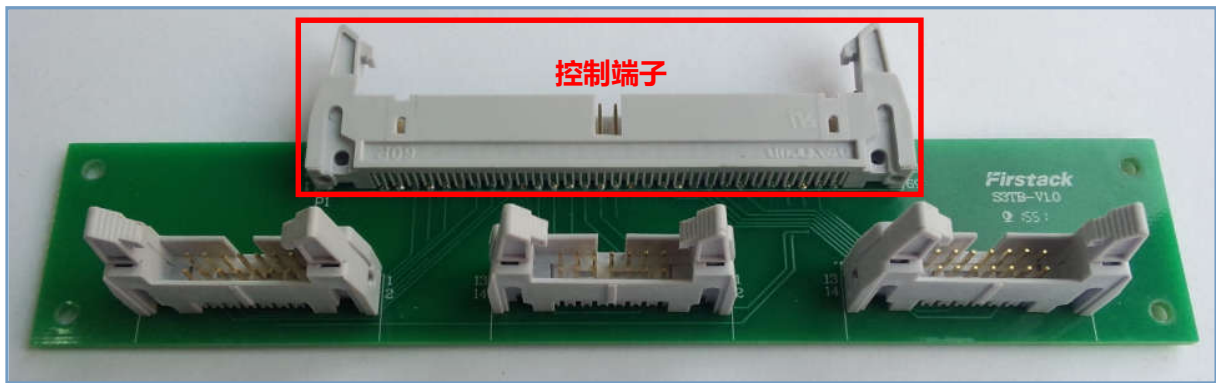


图 11：控制端子位置

模组控制端子采用 Nextron 的 30*2pin 的牛角座，引脚间距 2.54mm；我们可以针对不同的控制板来修改控制端子封装，方便移植。控制端子的引脚定义见表 6，牛角座示意图同图 9。

引脚	信号名称	功能	备注
1	15V	驱动供电	$I_{min}=2.1A$
2	15V	驱动供电	$I_{min}=2.1A$
3	15V	驱动供电	$I_{min}=2.1A$
4	15V	驱动供电	$I_{min}=2.1A$
5	PWM_T1_U	U 相 T1 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
6	GND	Ground	0V
7	PWM_T3_U	U 相 T3 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
8	GND	Ground	0V
9	FAULT_T1/T2_U	U 相 T1、T2 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
10	GND	Ground	0V
11	FAULT_T1/T2_U	U 相 T1、T2 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
12	GND	Ground	0V
13	PWM_T2_U	U 相 T2 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
14	GND	Ground	0V
15	PWM_T4_U	U 相 T4 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
16	GND	Ground	0V
17	FAULT_T3/T4_U	U 相 T3、T4 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
18	GND	Ground	0V

19	FAULT_T3/T4_U	U 相 T3、T4 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
20	GND	Ground	0V
21	PWM_T1_V	V 相 T1 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
22	GND	Ground	0V
23	PWM_T3_V	V 相 T3 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
24	GND	Ground	0V
25	FAULT_T1/T2_V	V 相 T1、T2 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
26	GND	Ground	0V
27	FAULT_T1/T2_V	V 相 T1、T2 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
28	GND	Ground	0V
29	PWM_T2_V	V 相 T2 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
30	GND	Ground	0V
31	PWM_T4_V	V 相 T4 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
32	GND	Ground	0V
33	FAULT_T3/T4_V	V 相 T3、T4 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
34	GND	Ground	0V
35	FAULT_T3/T4_V	V 相 T3、T4 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
36	GND	Ground	0V
37	PWM_T1_W	W 相 T1 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
38	GND	Ground	0V
39	PWM_T3_W	W 相 T3 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
40	GND	Ground	0V
41	FAULT_T1/T2_W	W 相 T1、T2 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
42	GND	Ground	0V
43	FAULT_T1/T2_W	W 相 T1、T2 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
44	GND	Ground	0V
45	PWM_T2_W	W 相 T2 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
46	GND	Ground	0V
47	PWM_T4_W	W 相 T4 管 PWM 信号	On=15V/Off=0V
48	GND	Ground	0V
49	FAULT_T3/T4_W	W 相 T3、T4 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
50	GND	Ground	0V
51	FAULT_T3/T4_W	W 相 T3、T4 管故障汇总	正常=15V/故障=0V
52	GND	Ground	0V
53	Temp_U	U 相温度频率信号	H=15V/L=0V
54	GND	Ground	0V
55	Temp_V	V 相温度频率信号	H=15V/L=0V
56	GND	Ground	0V
57	Temp_W	W 相温度频率信号	H=15V/L=0V
58	GND	Ground	0V
59	GND	Ground	0V
60	GND	Ground	0V

表 6：控制端子引脚定义

15V

15V			
信号类型	信号功能	引脚位置	备注
直流电源	驱动供电电源	1~4	V=15VDC, I _{min} =2.1A

表 7 : 15V

如表 7 所示，该供电电压不能低于 13V (±5%)；如过原边电压低于 13V，驱动板将封锁脉冲直至原边电压恢复正常。

GND

GND			
信号类型	信号功能	引脚位置	备注
电源地	提供地平面	6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32、34、36、38、40、42、44、46、48、50、52、54、56、58、59、60	0V

表 8 : GND

PWM_TX_Y (X=1, 2, 3, 4 ; Y=U, V, W)

PWM_TX_Y			
信号类型	信号功能	引脚位置	备注
数字输入信号	Y 相 TX 管驱动信号	5、7、13、15、21、23、29、31、37、39、45、47	Off=低电平=0V On=高电平=15V

表 9 : PWM_TX_Y



客户需要输入 3 相 4 路，共 12 路驱动信号。驱动信号需与 IGBT 一一对应，如连接错误可能会导致严重后果。

FAULT_X_Y (X=T1/T2, T3/T4 ; Y=U, V, W)

FAULT_X_Y			
信号类型	信号功能	引脚位置	备注
数字输出信号	Y 相 X 管故障输出信号	9、11、17、19、25、27、33、35、41、43、49、51	故障=低电平=0V 正常=高电平=15V

表 10 : FAULT_X_Y

当驱动核检测到欠压故障或者短路故障时，则 FAULT_X_Y 信号会被拉低，输出 0V 左右的信号，同时封锁驱动信号；当 FAULT_X_Y 为 15V 高电平时，表示驱动核未检测到故障，模组可以正常运行。

Temp_Y (Y=U, V, W)

Temp_Y			
信号类型	信号功能	引脚位置	备注
数字输出信号	Y 相温度频率信号	53、55、57	低电平=0V 高电平=15V

表 11：Temp_Y

温度频率信号由光耦隔离输出，Temp_Y 输出电流不超过 5mA。针对 Infineon 模块 F3L100R07W2E3_B11 的 NTC，温度与频率的对应关系见表 12

温度 (°C)	-25	0	25	50	75	100	125	140
频率 (Hz)	9160	4757	2305	1269	839	649	558	527

表 12：温度与频率对应关系

具体见 2.7 章节温度和信号频率关系计算。

4.安装启动

4.1 连接模组

为了使变流器模组安全可靠地运行起来，我们需要按以下几步操作：

- 1：连接交流侧端子 (U、V、W)
- 2：连接直流侧端子 (DCBUS+、N、DCBUS-)
- 3：连接风机供电输入及电压采样端子 (JP11)
- 4：连接风机供电输出端子 (JP4)
- 5：连接控制端子 (P1)

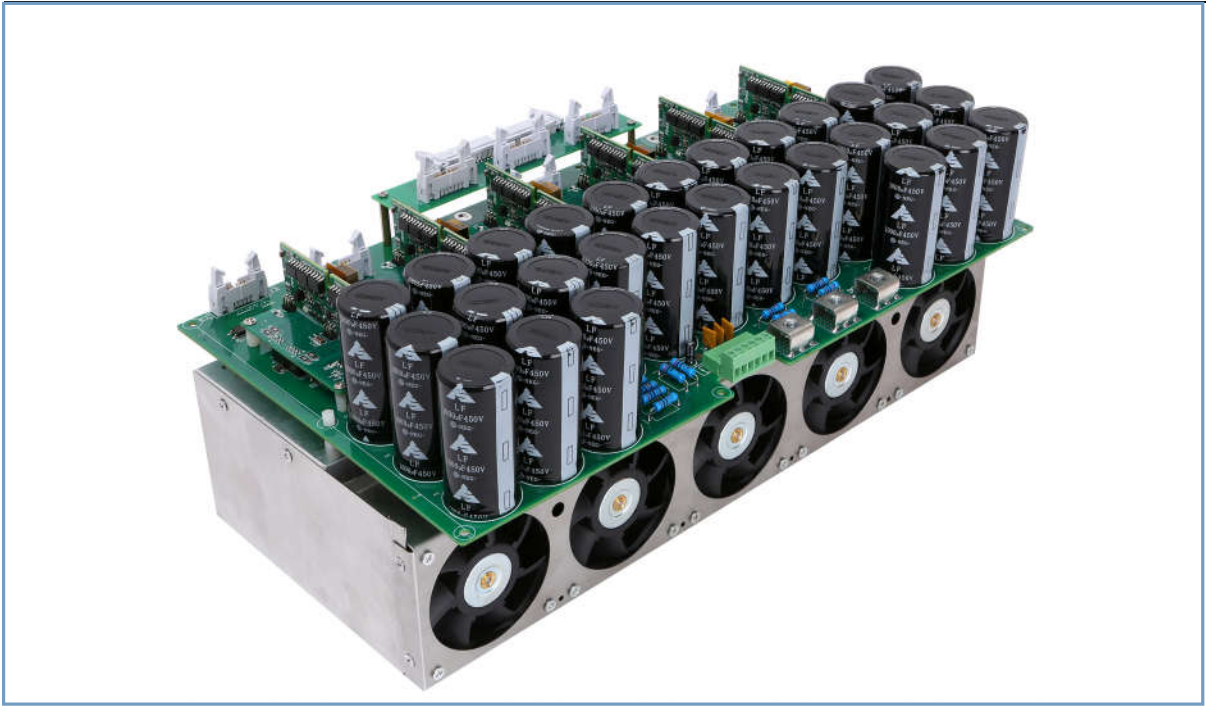


图 12：连接模组



上电顺序：先上控制电，再上强电

上控制电后，观察电源指示灯指示是否正确，风扇运行是否正常，若无异常，则以上强电正常启动模组。

4.2 最小连接

如果负载比较小，风机不是一定需要开起来的，但为了安全起见，我们需要给风机供电，希望建立起一个比较好的冷却系统，防止 IGBT 因热损坏。如不需要电压采样，JP11 端子的 pin1~pin4 可不连接。如不需要监测 IGBT 芯片温度，转接板上 P1 端子的 pin53、pin55、pin57 可不连接。

所以只要给模组提供 12 路驱动信号，驱动电源，6 路故障信号并将主功率端子连接好，就可以将模组启动起来。

要注意一点，当直流侧 N 端子未连接时，需要确保上半桥与下半桥的电压保持平衡，模组才能正常运行。

附录：安全标识

	<p>模组运行是高压带电体，对人有生命危险， 模组运行时禁止触碰模组</p>
	<p>模组运行后，有些部位温度会发热升高，所以在触碰时可能会被烫伤</p>
	<p>客户使用时需要格外注意的事项</p>
	<p>搬运和使用过程中需要注意静电防护</p>
	<p>为了人身安全，模组外壳需接地</p>

附录：版本变更记录

日期	变更后版本	变更内容
2016-03-22	V1.0	第一版发行
2016-05-02	V2.0	优化图片